

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 59-168281

(43)Date of publication of application : 21.09.1984

(51)Int.Cl.

F03D 7/00

F03D 9/00

(21)Application number : 58-041306

(71)Applicant : SHIMIZU YUKIMARU

HEIKO YORIYASU

NAGAI KENTARO

(22)Date of filing : 12.03.1983

(72)Inventor : SHIMIZU YUKIMARU

HEIKO YORIYASU

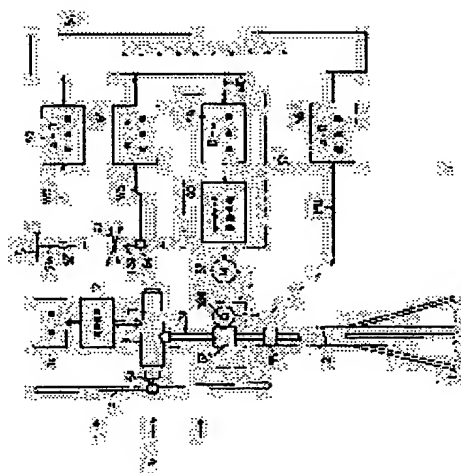
NAGAI KENTARO

## (54) CONTROL OF WIND POWERED GENERATOR

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To permit to convert the energy of low speed wind into electrical energy by a method wherein the electric load output of the generator is controlled so as to be increased gradually in the output in which the windmill of the generator does not cause stall from a predetermined revolving number to a rated revolving number.

**CONSTITUTION:** The windmill 6 begins the rotation thereof when the wind of low speed blows only for a short period of time and the revolving number N(rpm) arrives from zero to 150(rpm) soon. From the revolving number N of 150(rpm) to the revolving number (350W450rpm), which is slightly less than the rated revolving number 500(rpm), the output is increased linearly and gradually from 0(kVA) to about 3W6(kVA). The energy of breeze may be utilized effectively by providing the device with such electric power generating characteristics.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## ⑫ 公開特許公報 (A)

昭59—168281

⑪ Int. Cl.<sup>3</sup>  
F 03 D 7/00  
9/00

識別記号

庁内整理番号  
6943—3H  
6943—3H

⑬ 公開 昭和59年(1984)9月21日

発明の数 1  
審査請求 未請求

(全 7 頁)

## ⑭ 風力発電装置の制御方法

⑯ 特 願 昭58—41306  
⑯ 出 願 昭58(1983)3月12日  
⑯ 発 明 者 清水幸丸  
津市長岡町773番地12  
⑯ 発 明 者 平工順康  
岐阜市前一色3丁目4番10号  
⑯ 発 明 者 永井健太郎  
名古屋市守山区大字甘軒家字長

米158番地  
⑯ 出 願 人 清水幸丸  
津市長岡町773番地12  
⑯ 出 願 人 平工順康  
岐阜市前一色3丁目4番10号  
⑯ 出 願 人 永井健太郎  
名古屋市守山区大字甘軒家字長  
米158番地  
⑯ 代 理 人 弁理士 恩田博宣

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

風力発電装置の制御方法

## 2. 特許請求の範囲

1 風速( $v$ )により回転される風車(6)と、  
その回転により発電される発電機(9)と、その  
発電機(9)の出力が供給される電気的負荷(1  
4)とを含む風力発電装置において、

風速( $v$ )の変化に対して、風車(6)の回転  
数の変化の応答性が良く且つその回転数が変化す  
る際に円滑安定に応答するような最適な値に風車  
(6)の機械的負荷慣性モーメント( $I_a$ )を設  
定し、

前記発電機(9)の電気的負荷出力( $V I$ )を、  
その回転数( $N$ )が所定回転数に達するまでは発  
生させず、その所定回転数から定格回転数に至つ  
て風車(6)が失速しない程度の出力にて線形的  
または非線形的に漸増させるように制御すること  
を特徴とする風力発電装置の制御方法。

## 3. 発明の詳細な説明

(1)

## 技術分野

この発明は風力発電装置の制御方法に関する。

## 従来技術

従来の風力発電装置としては、風車により例え  
ば自動車用ダイナモ発電機を駆動して発電する装  
置等が存在する。この場合、風車の出力 $L(W)$   
は風速 $v(m/s)$ の3乗に比例( $L = k v^3$ )  
することが知られている。

しかしながら、実際には風車に発電機を設け、  
その発電機の出力端子に負荷を接続した場合、強  
風( $v = 5 m/s$ 以上)が連続的に所定時間以上  
吹かなければ風車は回転を開始せず出力を得るこ  
とができない。そして、そのような連続的な強風  
が所定時間以上吹くことは実際にはまれであつて、  
通常の $v = 2 \sim 5 (m/s)$ 程度の風とか $v = 5$   
( $m/s$ )以上の瞬時の風によつては風車を回転  
させるに至らず、実際の風のエネルギーを有効に  
利用しているとはいえないのが現状である。この  
ことは特に大出力の風力発電をする場合に大変効  
率を悪くしている。

(2)

## 目的

この発明の目的は、実際の風のエネルギーを有効に利用して、効率の良い発電をすることができる風力発電装置の制御方法を提供することにある。

## 実施例

以下、この発明を具体化した一実施例を図面に従って説明する。

第1図に示すように、大地1上には支柱2が立設され、その支柱2の上端には回転軸3aにより発電装置3がほぼ垂直な軸線の周りを回転可能に装着されている。その発電装置3のケース4外には第2図に示すように軸受5により風車6がほぼ水平な軸線の周りを回転可能に装着され、その回転軸6a上にはケース4内において駆動ギヤ7が固定されている。また、ケース4内には界磁巻線8を有する他励式三相交流同期発電機(以下、発電機と略す)9が装着され、その回転軸9a上には前記駆動ギヤ7と噛合う被動ギヤ10が固定されている。また、ブレーキ電流を流すことにより回転軸9aの回転を制動する電磁ブレーキ、バ

(3)

格回転数 $N = 500$  (rpm)の条件にて通常 $0.75$  ( $kg-cm^2$ )必要とするが、この回転子の慣性モーメント $I$ は $0.25$  ( $kg-cm^2$ )と小さい。このように慣性モーメント $I$ を小さくするには直径 $D$ を小さく、長さを長く(すなわち細長く)すると良い。

従って、風車6の風速 $v$ に対する回転数の応答性が良くなる。且つ、前記負荷慣性モーメント $I_a$ は風速 $v$ の急激な変化に対して風車6の回転数が振動が少なく円滑安定に応答するような最適な値でもある。

さて、風速 $v$ により風車6が回転されると、駆動ギヤ7、被動ギヤ10を介して、発電機9の回転軸9aが回転数 $N$  (rpm)にて回転される。そして、第2図に示すように発電機9の出力端子aは、制御装置12内の主回路13を介して蓄電池、温水槽のヒータ等の負荷14に接続されており、発電機9の出力特性は制御装置12により第3図に示すような特性曲線に制御される。すなわち、回転軸9aの回転数 $N$  (rpm)に対する発

(5)

電機9の出力 $VI$  (KVA)は、回転数 $N$ が0～所定回転数 $150$  rpmまでは0 (KVA)である。従って、風車6の回転エネルギーは負荷14にて消費されることはなく、風車6に発電制動力が付与されない。よって、風車6は低風速の風が短時間吹くのみで回転を開始し、前記回転数 $N$  (rpm)は速やかに0から $150$  (rpm)まで到達する。回転数 $N$ が $150$  (rpm)から定格回転数 $500$  (rpm)より僅かに低い回転数( $350 \sim 450$  rpm)までは出力 $VI$ を0 (KVA)から約 $3 \sim 6$  (KVA)まで直線的に漸増させる。なお、 $3$  KVA $\sim 6$  KVAまでの値は随時調整できるようにしてある。この場合は、風速 $v = 2$  m/s $\sim 5$  m/s程度の微風が吹いていれば、風車6の回転エネルギーにより充分に0 KVA $\sim 5$  KVA程度の出力 $VI$ が得られる範囲であり風車6は失速せず、このような発電出力特性を持たせることにより、微風(低風速)のエネルギーをも有効に利用することができる。

発電機9は、風力発電用に特別開発されたものであつて、定格出力 $VI = 10$  (KVA)、定格回転数 $N = 500$  (rpm) ( $400 \sim 600$  rpmでよい)、回転子の慣性モーメント $I = \frac{GD^2}{4}$  ( $G$ :重量,  $D$ :直径)  $= 0.25$  ( $kg-cm^2$ )以下(すなわち $GD^2 = \text{約} 0.7$  ( $kg-cm^2$ ))となつており、駆動ギヤ7と被動ギヤ10の増速比 $n = 3$ となつている。従って、風車6の回転軸6aの機械的負荷慣性モーメント $I_a = n^2 I = 2.25$  ( $kg-cm^2$ )となる。通常の同期発電機は、定格出力 $VI = 10$  (KVA)、定格回転数 $N = 1500$  (rpm)、慣性モーメント $I = 0.25$  ( $kg-cm^2$ )に設計されており、前記増速比 $n = 9$ となる。従って、前記負荷慣性モーメント $I_a = n^2 I = 20.25$  ( $kg-cm^2$ )となり、この実施例の発電機9の場合の負荷慣性モーメント $I_a$ はこの約 $\frac{1}{10}$ と極めて小さい。なお、発電機9の回転子の慣性モーメント $I$ は、定格出力 $VI = 10$  (KVA)、定

(4)

格回転数 $N$ が $500$  (rpm)より僅

(6)

かに低い回転数から定格回転数500(rpm)までは、5(KVA)程度～10(KVA)程度までの発電出力を得る。この場合は、風速 $v=5\text{ m/s} \sim 12\text{ m/s}$ 程度の強風が吹いていれば風車6の回転エネルギーは充分である。

すなわち、風速 $v$ の変化により第3図に示す特性曲線に従って出力 $VI$ (KVA)が得られる。

また、風速 $v=12\text{ m/s}$ 以上の強風が吹いて出力 $VI$ (KVA)が定格出力10(KVA)の約1.2倍を超えた時、または回転数 $N$ が定格回転数500(rpm)の約1.2倍を超えた時、または発電機9の出力電圧 $V$ が定格電圧220Vの約1.2倍を超えた時、すなわち、過負荷または過回転または過電圧の状態になった時には前記ブレーキ装置11が作動して、発電機9すなわち風車6の回転が非常停止される。この場合、ブレーキ力を徐々に強めて急激に回転を停止させないようにする。これにより、過回転による風車6の羽根破損が防止される。

なお、この出力 $VI$ (KVA)は風車6が失速

(7)

周波数-電圧変換器21と、その電圧 $Vf$ を入力して回転数 $N$ の変化に対して第3図に示す特性曲線と一致する出力 $VI$ を発生させるため、その出力 $VI$ と対応する電流値からなる関数 $i_1$ を出力する関数発生器22と、負荷14の端子電圧 $V_L$ に比例する電流信号 $i_3$ を検出する電圧検出器27と、前記電流信号 $i_2$ と電流信号 $i_3$ とを乗算してその積 $i_2 i_3$ と目標設定値である前記関数 $i_1$ とを比較して制御信号SGCを出力する演算増幅器23と、前記発電機9の出力電圧 $V$ を検出するとともに前記制御信号SGCに基づいて界磁巻線8に流れる界磁電流 $I_f$ を制御することにより出力電圧 $V$ を制御する自動電圧制御器24とからなる。この場合、回転数 $N$ と発生電力 $VI$ との間には結果的に第3図の特性曲線に相当する $VI = C_1 N^m + C_2$  ( $N=150 \sim 400\text{ rpm}$ 程度)、 $VI = C_3 N^n + C_4$  ( $N=400\text{ rpm}$ 程度 $\sim 500\text{ rpm}$ )なる関係がある。従って、発電機9の出力特性は第3図に示す特性曲線に制御されることとなる。

(9)

しない程度に150rpm $\sim$ 500rpmまで線形的または非線形的に漸増させればよい。

次に、以上の様に発電機9の出力特性を制御する制御装置12について説明する。

前記主回路13は、発電機9の出力端子aと負荷14との間に、負荷14が短絡した時制御装置12の電源をしや断する短絡保護継電器15と、負荷14に定格出力の約1.2倍の過負荷出力が供給されたことを検出する過負荷検出器16と、三相交流全波整流回路からなる交流-直流変換器17と、負荷電流 $I_L$ に比例する電流信号 $i_2$ を検出する変流器、抵抗等の電流検出器18とを直列的に接続してなる。また、発電機9の出力端子aにはその出力電圧 $V$ が定格電圧220Vの1.2倍以上の過電圧になった時ブレーキ励磁回路26を作動させる過電圧継電器19が接続されている。

発電機9の出力 $VI$ を制御する発電機制御装置20は、前記出力端子aに接続され発電機9の回転数 $N$ に比例する周波数 $f$ を検出してその周波数 $f$ に比例する電圧 $Vf$  ( $Vf = kN$ )に変換する

(8)

また、周波数-電圧変換器21の出力 $Vf$  ( $=kN$ )が一定値以上になったことを検出してブレーキ励磁回路26を作動させる過回転検出器25が設けられており、そのブレーキ励磁回路26は過負荷検出器16からの出力が一定値以上になった時及び前記過電圧継電器19が作動された時にもブレーキ装置11にブレーキ電流を流す。従って、発電機9は過回転時または過負荷時または過電圧時に非常停止され、三重保護される。

次に、風車6は風向に正対している時に最も効率よく風のエネルギーを回転エネルギーに変換するため、第1図に示す風車6の方向制御装置を本発明者等は案出した。

風向計51の垂直な回転軸51a上には、風向の角度 $\theta$ をその角度 $\theta$ に比例する電氣的なアナログ風向信号WDに変換するポテンシオメータ等の風向信号検出器52が装着され、その風向信号WDはA-D変換器53によりデジタル信号に変換されて、入出力ポート、中央処理装置(CPU)、ランダムアクセスメモリ(RAM)、読出し専用

(10)

記憶装置(ROM)等を内蔵するマイクロコンピュータ(以下、マイコンと称する)54に入力される。また、風車6が装着された発電装置3の回転軸3a上には、その風車6の方向 $\theta_0$ (角度)をその風車方向 $\theta_0$ に比例する電気的なアナログ風車方向信号PDに変換するポテンシオメータ等の風車方向信号検出器55が装着され、その風車方向信号PDはA-D変換器56によりデジタル信号に変換されて、前記マイコン54に入力される。そのマイコン54からはデジタルモータ駆動信号MDが出力されるようになっており、そのモータ駆動信号MDはモータ駆動回路57に入力され、そのモータ駆動回路57により前記モータ駆動信号MDに基づいて所定方向へ所定角度回転するサーボモータ、ステップモータ等の方向制御モータ(以下、モータと称する)58が駆動される。なお、モータ駆動回路57は、例えばモータ駆動信号MDをアナログ信号に変換するD-A変換器59と、そのアナログ信号に基づいてモータ58を駆動するサーボモータ駆動回路60とか

(11)

$T = Z - X$ (度)を計算する。平均風速Yが25 m/s以上の強風の場合は、(T+90)度だけ風車6の方向を正転または逆転させるモータ駆動信号MDが出力され、平均風速Yが20 m/s以上25 m/s未満の場合には(T+45)度だけ風車6の方向を正転または逆転させるモータ駆動信号MDが出力され、平均風速Yが17 m/s以上20 m/s未満の場合には(T+30)度だけ風車6の方向を正転または逆転させるモータ駆動信号MDが出力され、平均風速Yが17 m/s未満の場合には誤差T度だけ風車6の方向を正転または逆転させるモータ駆動信号MDが出力される。従つて、平均風速Yが17 m/s未満の場合にはあらゆる角度 $\theta$ の風向に対して風車6が正対されることとなる。平均風速Yが17 m/s以上25 m/s未満の場合にはその風速Yに応じて、風車6が風向に対して所定角度(30度、40度)だけずれて位置する。従つて、風車6を平均風速Yが25 m/sの強風まで使用することができる。

なお、モータ駆動信号MDを出力後は風速信号

(13)

らなる。そのモータ58の出力軸58aによりウオームギヤ61が回転され、そのウオームギヤ61が回転することにより前記回転軸3aに閉着されウオームギヤ61と啮合うウオームホイール62が回転される。従つて、モータ駆動信号MDに基づいて回転軸3aは所定の方向へ所定の角度回転され、風車6の方向制御がなされる。

また、風速計63の垂直な回転軸63a上には風速vに比例する回転数をパルス数からなる風速信号WSにて検出する風速信号検出器64が装着され、その風速信号WSは符号変換器65によりデジタル信号に変換されてマイコン54に入力される。

さて、マイコン54は第4図に示すプログラムに従つて作動される。プログラムがスタートすると、初期設定がなされ、風車方向信号PD(データ数P個)、風向信号WD(データ数8個)、風速信号WS(データ数r個)を逐次入力する。風車方向信号PDの平均値X、風向信号WDの平均値Z及び1~3分間の平均風速Yを計算し、誤差

(12)

WSを入力するプログラムに戻る。また、前記平均風速Yの時間(1分~3分)は、風速計63の設置場所により定められる。

効果

以上詳述したように、この発明は、風速vにより回転される風車6と、その回転により発電される発電機9と、その発電機9の出力が供給される電気的負荷14とを含む風力発電装置において、風速vの変化に対して、風車6の回転数の変化の応答性が良く且つその回転数が変化の際に円滑安定に応答するような最適な値に風車6の機械的負荷慣性モーメントIaを設定し、前記発電機9の電気的負荷出力VIを、その回転数Nが所定回転数に達するまでは発生させず、その所定回転数から定格回転数に至つて風車6が失速しない程度の出力にて線形的または非線形的に漸増させるように制御したことにより、低風速の風のエネルギーをも電気的エネルギーに変換することができ、実際の風のエネルギーを有効に利用して効率の良い発電をすることができるという効果がある。

(14)

## 4. 図面の簡単な説明

図面はこの発明を具体化した一実施例を示し、

第1図は装置の側面図及び方向制御装置を示すブ

ロック図、第2図は制御装置を示すブロック図、

第3図は発電機出力特性曲線図である。

風車6、発電機9、制御装置12、負荷14、  
風速 $v$ 、負荷慣性モーメント $I_a$ 、出力 $VI$ 、回  
転数 $N$ 。

特許出願人

清水 幸 丸

平 工 順 康

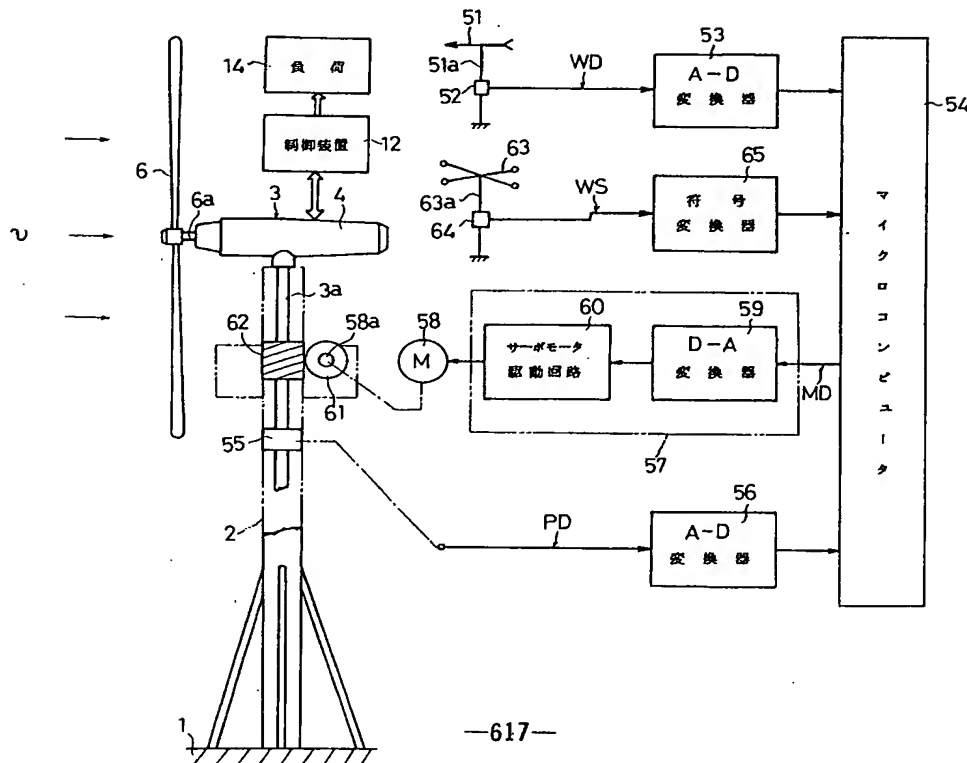
永 井 健 太 郎

代 理 人

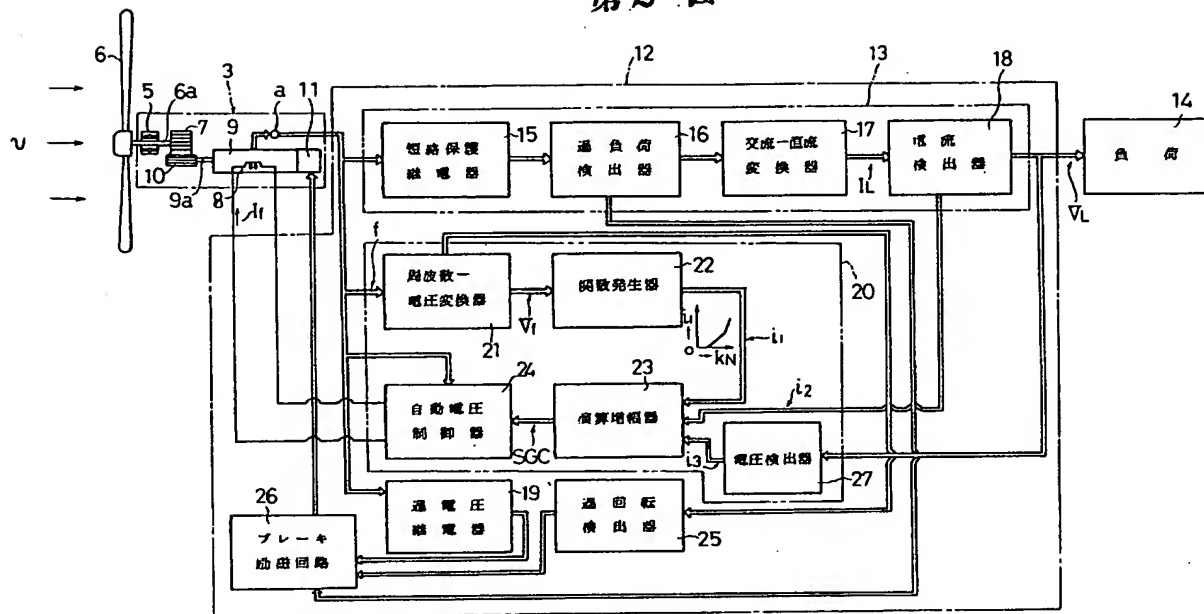
弁理士 恩 田 博 宜

(15)

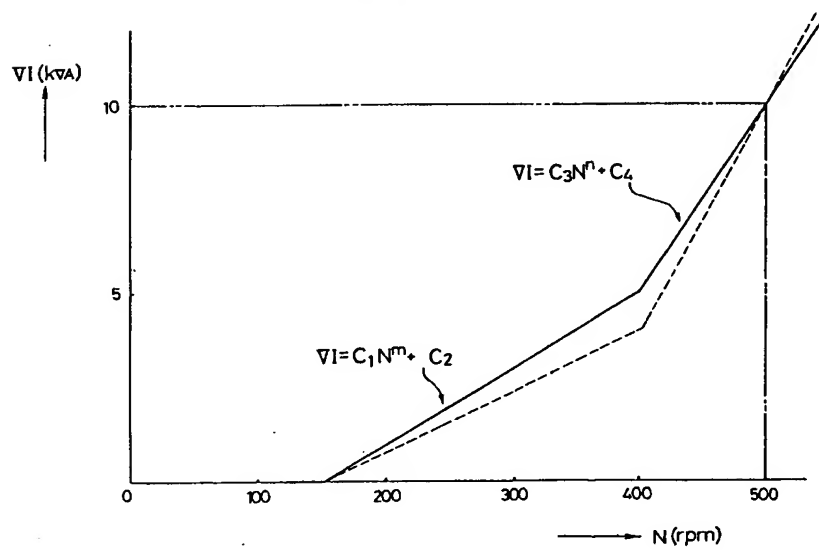
第 1 図



第2図



第3図





第4図

